

감과, 그러나 옛날보다 더 잘해야 한다는 진보적 의무감을 동시에 소화해내야 합니다. 과학뿐 아니라 우리 일상생활도, 정치적·사회적 발전도 다 그렇다고 생각합니다. 예를 들어 자식은 부모보다 더 잘나고 싶어합니다. 부모도 자식이 자신보다 더 잘되기를 바랍니다. 그러나 자식은 자신의 시작점을 부모에게서 물려받았다는 것을 인정해야 합니다. 그 물려받은 것을 존중하며 시작하되, 더 잘해서 원점보다 훌륭하게 나아가야 하지 않겠습니까.

측정이라는 중요한 주제를 통해서 이번 장에서는 과학이 데카르트 식의 인식론적 절망에서 벗어나는 모습을 조금 보여드렸습니다. 이는 점진적으로 축적되고 정밀해지는 발전의 형태이고, 측정뿐 아니라 다른 부분에서도 많이 이루어진다고 봅니다. 다음 장에서는 과학이 점진적 발전을 넘어서 어떻게 혁명적 발전을 일으키는 지 검토하고, 또 그에 따른 철학적 문제들을 함께 고려해보겠습니다.

3장 요약

- 현대과학은 개념의 수량화에 의존하고, 그러므로 측정이 중요하다.
- 측정을 하려면 기준이 있어야 하는데, 기준이 없는 상태에서 기준을 확립하기란 쉽지 않다.
- 온도, 길이, 질량, 시간 등의 기본 물리량의 측정에도 그러한 어려움이 있고, 타 분야에서 이루고자 하는 측정도 마찬가지다.
- 기준의 창조와 개선은 '인식과정의 반복'을 통해 가능하다.

4장 과학혁명

3장에서 이야기했듯이 과학지식은 계속해서 더 정밀해집니다. 절대적으로 정당한 시발점이 없더라도, 나아가면서 지식의 질을 개선할 수 있습니다. 완벽하지 않은 토대 위에도 과학지식이 쌓인다는 것은 1장에서 논의했던 쿤의 '정상과학' 개념과도 통합니다. 어떤 패러다임*을 받아들이고 그 틀 안에서 연구하는 정상과학 이내에서 보이는 지식의 진보 형태는 축적이나 점진적 개혁이라고 볼 수 있습니다. 어떤 패러다임도 절대적으로 증명된 것은 아니지만 그것을 받아들이면 그 틀 안에서 지식을 키워갈 수 있습니다.

그런데 논의는 거기서 끝나지 않고, 쿤의 유명한 『과학혁명의 구조』¹라는 책 제목 자체에서 언급하고 있는 과학혁명을 고려해야 합니다. 정상과학은

* 패러다임 약간 복습을 하자면, 이 패러다임에는 두 가지 의미가 있는데 첫째로는 본보기가 될 수 있는 아주 훌륭한 과학적 업적이고 둘째는 그 본을 따라 하면서 형성되는 과학의 스타일을 이른다.

무한정 유지되지 못하고 과학혁명을 유발한다는 것이 쿤의 이론이었습니다. 1장에서 살펴보았듯이, 포퍼는 정상과학이 독단적으로 자기 체제를 유지하는 결과밖에 내지 못할 것이라며 쿤을 비판했는데, 쿤은 정반대로 정상과학은 자신에게 가장 위험한 적이라고 주장했습니다. 자체의 파멸을 불러일으킨다는 말이지요. 정상과학을 추구하는 과학자들은 자신들의 패러다임을 유지하기 위해서 극도의 노력을 기울입니다. 버틸 수 있는 데까지 끝까지 버티다가 어느 지점에 가면 패러다임이 총체적으로 붕괴해버립니다. 그러면서 ‘과학혁명’이 일어납니다. 모래성을 쌓을 때 그러하듯 잘나가다가 어느 순간 와르르 무너집니다. 포퍼도 영향력이 대단한 학자였지만, 쿤에 비하면 별것 아니었던 듯 보입니다. 1960년대 이후 쿤의 패러다임 개념과 과학혁명 개념은 과학사·과학철학 분야를 훨씬 뛰어넘어 문화 일반에까지 큰 영향을 미쳤습니다. 그 이유만으로도 쿤이 도대체 무슨 소리를 했는지 정확히 이해해볼 필요가 있습니다.

과학혁명의 몇 가지 예

과학이 진보하는 역사를 볼 때 우리는 대개 과학혁명을 가장 멋지고 흥미로운 사건으로 봅니다. 과학사에 익숙하지 않은 독자를 위해, 몇 가지 예를 들어보겠습니다. 우선 코페르니쿠스 혁명이 있습니다. 지구가 우주의 중심에 가만히 있고 모든 천체들이 지구를

중심으로 돈다고 했던 천동설이 없어지고, 반대로 태양이 중심이고 지구는 그 주위를 도는 하나의 행성에 불과하다는 지동설로 바뀐 사건입니다. 쿤이 과학사 연구를 하면서 가장 처음 쓴 책이 이 코페르니쿠스 혁명에 대한 것이었습니다. 『과학혁명의 구조』보다 5년 전인 1957년에 출간했는데, 그러니까 혁명에 대한 일반론을 펼치기 전에 자세한 사례연구를 했던 것입니다.

다른 혁명의 예도 많습니다. 뉴턴역학은 워낙 훌륭하고 광범위한 패러다임이었기 때문에 몰락할 때 혁명도 두 개나 겪었습니다. 하나는 상대성이론으로 넘어가는 혁명이었는데, 그때 아인슈타인은 뉴턴이 말했던 절대 시간이나 공간은 없고 시간과 공간은 관측자의 운동상태에 따라 정의되는 상대적인 것이라고 주장했습니다. 또한 뉴턴은 각 물체의 질량이 불변한다고 했었는데, 아인슈타인은 그것이 속도에 따라 변한다고 했고 또 질량과 에너지는 상호 변환될 수 있다면서 원자폭탄의 이론적 기반이 되는 원리를 내놓기도 했습니다(그 유명한 $E=mc^2$ 공식으로 표현되었지요). 또 물리학자들이 20세기 초에 원자나 그보다도 더 미세한 입자들을 다루기 시작하면서, 이 영역에서는 뉴턴역학이 양자역학으로 대체되었습니다. 그 혁명을 겪으면서 물리학자들은 상대성이론에서 나오는 내용보다도 더 해괴한 입자-파동의 이중성 등을 이야기합니다. 또 뉴턴역학에서는 뉴턴의 법칙에 의해서 모든 물리적 과정의 결과가 정확히 예측된다고 했는데, 양자역학에서는 궁극적으로 여러 가지 결과가 일어날 확률이 정해져 있을 뿐이라고 했습니다.

생물학에서도 과학혁명은 일어났습니다. 예를 들어 다윈의 진화

론이 정설로 받아들여지면서, 그 전에 다들 창조론을 믿고 그것을 기반으로 지구와 생물의 역사를 해석했던 전통은 뿌리가 뽑혀버렸다고 해도 과언이 아닙니다. 다윈주의 패러다임에 의하면 생물의 진화는 '돌연변이'와 '자연선택'이라는 자연적 법칙에 의해 이루어지고, 그 과정에 개입하는 창조주도 없고 설계를 해준 존재도 없다고 생각하게 되었습니다(과학혁명의 또 한 가지 좋은 예는 '화학혁명'인데, 이는 7장에서 자세히 논의할 것입니다).

어떻게 과학에도 혁명이?

그런데 '혁명'이라는 정치적 개념을 과학에 적용하는 것이 과연 적합할까요? 혁명은 뭔가 뒤집어엎는다는 것인데, 우리가 어느 정도 훌륭한 과학지식을 가지고 있다면 그걸 아주 뒤엎는 짓은 삼가야 하지 않을까요? 정치적 체제라면 뒤엎어야 하는 상황을 충분히 생각할 수 있습니다. 옛날에는 그래도 체제에 일리가 있었지만 이제 상황이 변해서 계속 유지할 이유가 없고 바뀌어야 한다면, 아니면 처음에는 괜찮았던 정권이 점점 부패하거나 변질되어 갈아치워야 할 상황이 될 수 있습니다. 그래서 정치에서는 혁명도 가끔 일

* 환경이 심하게 변한다면 그에 적응하기 위한 변화가 필요할 수는 있겠지만, 공학이라면 몰라도 과학에서 그런 환경 변화가 일어나기는 힘들 것이라 생각한다.

으켜야 할 필요가 있습니다. 그런데 과학에서 그런 상황이 벌어질 수 있을까요? 자연 자체가 변해서 새로운 과학이 필요할 것 같지도 않고* 과학자들이 부

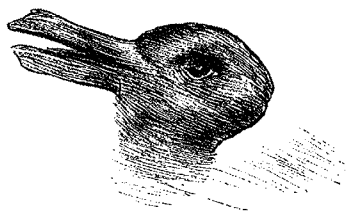
패한 것 같지도 않은데, 과학에 도대체 왜 혁명이 일어나고 또 사람들은 왜 생각도 없이 혁명이 일어났다고 신이 나서 좋아하는 것인지 이해하기 힘듭니다.

그런데 쿤은 과학혁명을 정말 의식적으로 정치적 혁명에다 비유했습니다. 혁명기의 과학은 신-구 패러다임의 경쟁과 투쟁 관계로 표현했고, 그 싸움을 중립적 입장에서 조절해주거나 평가해주는 심판도 없다고 강조했습니다. 그리고 그 싸움은 논증이나 검증을 통해 결론낼 수 없다고 했습니다. 그러면 어떻게 결론이 나느냐는 물음에, 그건 설득의 문제라고 했습니다. 과학에서 증명이 아니라 설득으로 논쟁이 결론난다고 하니 충격적으로 받아들인 사람들이 많았습니다. 그러나 쿤은 과학사를 잘 들여다보면 그런 결론을 내릴 수밖에 없다는 입장이었습니다. 한 발 더 나아가 쿤은 과학혁명을 '개종^{conversion}'에 비유했습니다. 패러다임을 갈아치우겠다는 과학자의 결심은 어떤 종교를 믿던 사람이 다른 종교로 개종하는 과정과 비슷하다는 것이지요. 마치 사울^{Saul}이 다마스쿠스^{Damascus}로 가는 길에 갑자기 예수를 믿게 되었다는 것처럼, 과학자도 어느 순간 영감을 받아서 새로운 패러다임으로 전향해야겠다는 생각이 들어 갑자기 과학적 세계관을 바꿀 수 있다고 했습니다.** 여기서 사용한 '전향'이라는 표현도 정치적인 비유입니다. 그렇게 전향하는 사람들이 많으면 혁명이 이루어지는데, 그렇더라도 전향을 거부하고 옛날의 패러다임을 고수하는 사람들도 있습니다. 그러면 그 사람들이 다 죽어야 비로소 혁명이 완수되겠지요. 이는 양자^{quantum} 개

** 과학혁명은 오랜 시간에 걸쳐 이루어지는 하나의 사건이지만, 개개인의 전향은 일순간에 일어나기도 한다.

념을 만들었던 독일의 저명한 물리학자 플랑크 Max Planck 가 했던 말입니다. 새로운 과학적 진리의 승리는 반대파를 설득해서 얻는 것이 아니라 반대파가 다 죽고 나면 새로운 것에 익숙해진 새 세대가 자라나면서 이루어진다고요.²

쿤이 과학적 패러다임을 객관적으로 선택하기 힘들다고 한 이유에는 여러 가지가 있는데 이제 그에 대해 자세한 논의를 할 것입니다. 그러나 우선 한마디로 하자면, 패러다임이란 이론뿐 아니라 세계관과 가치관을 내포하고 있기 때문입니다. 그래서 똑같은 관측 내용도 전혀 다르게 해석할 수 있고, 똑같은 업적도 아주 다르게 평가할 수 있습니다. 이를 이해하는 데에는 2장에 나왔던 ‘오리-토끼’ 그림이 도움이 됩니다. 누가 쪽 이 그림을 오리로 보다가 갑자기 토끼라고 깨닫는다는지, 아니면 이제부터 토끼로 봐야겠다고 마음을 먹을 수도 있습니다. 그러고 나면 전에 알고 있던 일까지 모든 것이 새로 보입니다. 토끼로 보다가 오리로 보게 되면 그 그림에 들어 있는 모든 선의 해석이 갑자기 달라져버립니다. 토끼 귀



▲ 그림 2-7 오리-토끼 © 'Fliegende Blätter'
(1892년 10월 23일) at Wikimedia.org

였던 부분은 오리 부리가 되고, 토끼의 입은 오리의 뒤통수가 되고, 그렇게 부분 부분의 의미가 다 변합니다. 눈은 여전히 눈이지만, 토끼 눈에서 오리 눈으로 둔갑했기 때문에 그대로가 아닙니다.

쿤의 과학혁명 논의는 과학지식

의 사회적·심리적 차원에 대한 많은 고찰과 논쟁을 불러일으켰습니다. 많은 철학자들은 이를 부정적으로 보았는데, 그중 대표적인 사람이 헝가리 출신의 과학철학자 라카토쉬*였습니다. 과학사에 대한 쿤의 지적을 많이 받아들이면서도 기본적으로는 포퍼와 마찬가지로

로 과학적 비판정신을 이성적 사고의 기반으로 중요시 여겼던 사람입니다. 라카토쉬는 쿤이 말하는 과학혁명의 과정에 의하면 과학자들은 군중심리에 지배받는 것에 불과하다고 쿤을 비난했습니다.³ 라카토쉬는 과학적 판단이란 철저히 이성을 기반으로 해야 한다고 주장했고, 혁명적 상황에서는 항상 더 진보적인 패러다임이나 연구 프로그램을 선택해야 한다고 말했습니다. 여기서 라카토쉬가 말하는 ‘진보’란 새로운 사실을 성공적으로 예측해낸다는 의미이고, 라카토쉬는 이것을 실증적 과학이 이루어낼 수 있는 가장 중요한 업적으로 보았습니다. 반면, 과학지식도 사회적으로 결정된다는 쿤의 의견을 좋아하는 사람들도 많았습니다. 그들은 쿤을 영웅시했는데 쿤은 그들을 굉장히 싫어했고, 자신을 너무 오해했다고 슬퍼했습니다. 그들의 해석이 옳았는지를 평가하려면 쿤의 논의 자체를 더 자세히 고려해볼 필요가 있습니다.

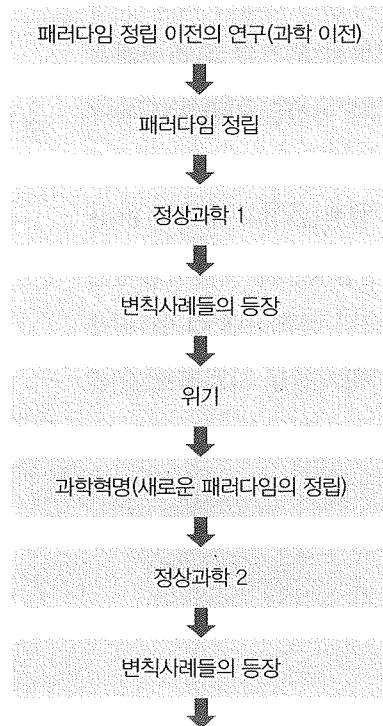
* 라카토쉬 이 사람의 이름을 어떻게 발음해야 하는지는 논란이 많다. 헝가리어의 ‘a’는 우리말의 ‘아’도 ‘어’도 아닌 미묘한 소리이다. 좀 얼버무리는 소리로, 단음으로 내주어야 한다. 정 궁금한 독자들은 영문 인터넷으로 들어가서 ‘Imre Lakatos pronunciation’을 검색해보면 원어민들의 발음을 들 어볼 수 있다.

그림 4-2의 도해는 쿤이 말하는 과학혁명의 구조를 요약하기 위해 제가 작성한 것입니다. 도해의 처음에는 아무런 패러다임도

정립되지 못한 상태에서 이루어지는 ‘과학 이전’의 연구활동이 나옵니다. ‘과학’이라는 학문이 생기기 전에도 사람들은 자연에 대해 연구를 많이 했습니다. 1장에서 잠시 언급했던 소크라테스 이전 고대 그리스에서처럼, 동의된 패러다임 없이 산만하게 다들 각자 자기들의 파벌을 따라서 많은 연구를 할 수 있는데 쿤은 패러다임이 없으면 과학이 아니고 과학 이전의 상태라고 간주합니다.

그러다가 누군가가 훌륭한 업적을 이룩해서 남들이 다 따라 할 정도가 되면 그것이 하나의 패러다임으로 정립되면서 정상과학이

시작됩니다. 그런데 정상과학을 하다 보면 ‘변칙사례(anomaly)’들이 나옵니다. 변칙사례란 패러다임에서 예상한 것과 다른 일이 생기는 상황을 말합니다. 변칙사례는 대부분 관측이나 실험 결과가 이론과 다른 상황을 말하는데, 꼭 거기에만 국한된 것은 아닙니다. 관측결과 자체가 이상하게 일관성 없이 나타날 수도 있고, 이론 자체를 발전시키는 과정에서 잘 들어맞지 않는 곳이 생길 수도 있습니다. 그런 모든 종류의 변칙사례들을 퍼즐로 삼아서 열심히 푸는 것은 정상과학의 본업입니다. 그런데 그 변칙사례들이 너무 많이 모인다



▲ 그림 4-2 과학혁명의 구조

거나, 너무 중요한 내용이거나, 또 너무 오래 퍼즐이 풀리지 않으면 정상과학은 위기를 맞는다고 했습니다.

여기서 ‘위기’는 그냥 ‘큰일났다’ 정도의 느낌이 아닙니다. 쿤은 이 위기를 비교적 정확히 정의하였습니다. 정상과학이 위기를 맞으면 과학자들의 연구 초점이 흐트러집니다. 원래는 다들 같은 패러다임을 받아들이고 그것을 같은 방식으로 이해하여 같은 방향으로 연구를 잘해나갔는데, 위기를 맞으면 과학자들이 엉뚱한 궁리도 해보고, 철학적인 의문도 제기하고, 또 절망하기도 한다고 하였습니다. 이렇게 과학자들이 이상한, 즉 ‘정상’이 아닌 행태를 보이면서 정상과학은 붕괴됩니다.

과학은 그런 위기에서 어떻게 벗어날까요? 어떤 사람이 정말 멋진 아이디어를 내서 그 퍼즐을 푼다면 붕괴되어가던 기존의 정상과학 패러다임이 다시 소생할 수도 있습니다. 그러나 누가 퍼즐을 풀긴 풀었는데 기존의 패러다임에 전혀 맞지 않는 새로운 아이디어로 푸는 일도 일어날 수 있습니다. 그렇게 해서 위기를 해결할 조짐이 보이면 그 새로운 아이디어를 추종하는 사람들이 생겨납니다. 그런 사람들이 충분히 모이면 새로운 패러다임이 형성되는데, 그때 기존의 패러다임은 크게 흔들리기는 했지만 아직 버티고 있는 상태입니다. 그래서 신-구 패러다임 간에 경합이 시작됩니다. 정치에서 혁명이 일어나면 많은 경우 내전을 하지요. 과학에서도 그렇게 내전이 일어납니다. 신출내기 패러다임이 그 내전에서 이기면 과학혁명이 이루어지는 것입니다.

혁명이 종료되면 새로운 패러다임을 기반으로 또 다른 스타일의 정상과학이 시작됩니다. 또 그 새로운 정상과학도 조금 나가다 보면 어쩔 수 없이 변칙사례들을 만나게 되고, 위기를 맞고, 결국은 다른 패러다임으로 교체됩니다. 쿤은 계속 끝없이 정상과학, 혁명, 정상과학, 혁명의 과정이 반복되는 것으로 과학사를 해석하고 과학의 미래도 그런 식으로 암묵적으로 예견했습니다. 이 반복된다는 개념이 재미있고 의미심장합니다. 우리말의 '혁명'에는 그런 의미가 없지만 영어 단어 혁명^{revolution}에는 '돈다'는 의미도 있습니다. 도는 것과 혁명이 무슨 상관일까요? 어원을 생각해보면 원래 혁명의 의미는 쿤이 말하는 것처럼 세상이 돌고 또 돈다는 의미입니다. 여러 제국이 흥망성쇠하면서 역사가 이루어지듯이.

비정합성

쿤의 철학을 더 깊이 이해하려면 혁명이 진행되고 있는 상황에서 경쟁관계에 있는 패러다임들이 어떤 관계를 갖는지 자세히 살펴봐야 합니다. 거기서 가장 중요한 쟁점은 '비정합성^{incommensurability}'*이라는 개념입니다. '정합^{coherence}' 개념을 5, 6장에서 자세히 논의한 후라면 그 의미가 더 명확해질 텐데, 일단 여기서는 이 정도로 넘어가고 쿤이 의도했던 의미부터 설명하겠습니다. 기본적으로 경쟁관계에 있는 패러다임은 서로 동의하지 않는 것을 넘어서 서로 말도 통하지 않습니다. 말이 안 통한다고 느

슨하게 표현했는데, 더 정확히 말하면 거기에는 세 가지 차원이 있습니다.

※ 패러다임과 함께 판단기준이 바뀐다

첫째, 패러다임이 바뀌면 판단기준이 바뀝니다. 여러 가지 예를 들 수 있겠지만, 다시 처음의 뉴턴으로 돌아가보겠습니다. 1장에서 살펴보았듯이 뉴턴은 중력이론을 수학적으로 표현했습니다. 그리고 자신이 고안해낸 미적분을 써서 아주 정확하게 문제를 풀어냈고, 계산한 결과가 관측사실과 정확히 맞아떨어졌습니다. 그렇게 되니 많은 추종자들이 생겼습니다. 그런데 그 멋진 뉴턴스타일로 과학하기를 거부한 반대파들도 많았는데 그중 큰 세력이 데카르트의 패러다임을 따르는 사람들이었습니다. 데카르트의 추종자들은

뉴턴은 수학만 잘했지 물리학에서 중요한 것은 설명하지 못했다고 주장했습니다. 예를 들어 뉴턴은 지구와 태양이 중력으로 서로를 끌어들이한다고 했는데, 지구와 태양 사이의 머나먼 거리에는 진공밖에 없고 연결된 것이 아무것도 없는데 무슨 작용으로 서로 끈다는 것입니까?

데카르트 파는 뉴턴이 신비

* 비정합성 영어로는 incommensurability 인데, 쿤이 그 의미를 간략하게 정의해주지 않았고, 번역하기도 껄끄러운 단어다. 대개 '공약 불가능성'이라고 번역되고, 필자 역시 EBS 강의를 할 때는 그렇게 따라 썼는데 무슨 이야기인지 보통 사람은 전혀 알아들을 수가 없고 한문으로 쓰지 않는 이상 선거 때 나오는 공약과 혼동될 여지도 있다. 그래서 '비정합성'이라는 단어를 필자가 새로 고안했다. 쿤이 사용한 incommensurability는 원래 수학에서 나온 개념인데, 두 숫자 간에 공동의 약수가 (분수를 허용하더라도) 없다는 뜻이다. 예를 들어 유리수인 1과 무리수인 $\sqrt{2}$ 의 관계가 그러하다.

주의적인 중세의 관념으로 되돌아갔다고 비판했습니다. 자연에 신비로운 숨은 힘이 내재해 있고, 그래서 우리가 알 수 없는 작용으로 지구와 태양이 서로를 끌어들이는 말은 비과학적이라고 거부한 것입니다. 이 ‘원격 작용-action at a distance’ 문제는 오랫동안 과학적으로 중요한 쟁점으로 논의되었습니다. 2장에서 논의했듯 갈릴레오가 어떻게 달이 바닷물을 끌어당길 수 있느냐며 케플러의 조수 이론에 반대했을 때와 비슷한 생각이었습니다. 이 예를 보면, 같은 과학 분야에서도 패러다임이 다르면 어떤 것이 훌륭한 지식인가를 판단하는 기준이 달라질 수 있다는 것이 보입니다. 뉴턴역학 패러다임의 기준으로는, 정확히 개념을 정리해서 단순한 법칙을 세우고 그것을 수학적으로 표현하여 공식을 푸는 것이 최고입니다. 그렇게 해서 계산해낸 내용이 관측과 일치하면 된 것이고, 더 이상 ‘깊은’ 설명 같은 것은 원하지 말라고 합니다. 그 반면 데카르트의 역학 패러다임에서는 자연현상이 어떤 작동원리로 일어나는지를 말해주는 기계적인 설명이 가장 중요합니다. 수학으로 풀 수 있다면 금상첨화지만 그것이 주목적은 아닙니다. 이렇게 판단기준이 달라져버리니까 모두들 동의할 수 있는 객관적 평가를 하기가 어려운 것입니다.

또 한 가지 아인슈타인의 특수상대성이론을 예로 들 수 있습니다. 19세기부터 나온 광학의 전통에서는 빛을 파동이라고 했습니다. 빛이 지닌 색깔은 파장에 의해서 결정되고, 적외선도 빛과 같은 것인데 파장이 더 길고 전파의 파장은 더더욱 길며, 또 자외선

은 가시광선보다 파장이 짧고 엑스선은 더더욱 짧다고 이해했습니다. 그런데 파동이란 무엇입니까? ‘물결 파(波)’자를 쓰는데 이는 결국 우리가 바다에

서 본 물결을 이야기합니다. 물이 출렁여서 파도가 일어나는 것처럼, 빛이 정말 어떤 파동이라면 물과 같은 역할을 하는 그런 매체 medium가 있어야 할 것입니다. 그래서 19세기 물리학자들은 그것이 무엇일까 고민하다가 에테르^{ether}*라는 개념을 만들어냈습니다. 우주 공간 전체에 퍼져 있다는 가상의 물질이죠. 그래서 빛은 에테르가 진동하는 것이라고 했습니다. 과학자들은 한번 개념을 정립하고 나면 그에 대한 연구를 열심히 합니다. 그래서 19세기 후반 물리학에서 가장 중요한 주제 중의 하나는 ‘에테르의 성질과 구조’였습니다. 영국의 물리학자 맥스웰 James Clerk Maxwell은 고전 전자기학의 기초를 확립한 과학자인데, 네 개로 나열되는 맥스웰의 방정식은 아직까지도 전자기학의 기본으로 물리학을 공부한 사람들은 다 잘 알고 있습니다. 이 맥스웰은 19세기 후반에 브리태니커 백과사전에 ‘에테르’ 항목을 작성했는데 거기에 보면 에테르의 비중부터 여러 가지 성질이 측정사실을 기반으로 계산되어 있습니다.⁴

그런데 아인슈타인은 1905년에 갑자기 나와서 에테르 개념은 전혀 필요 없다고 선언했습니다. 그러면 그는 빛이 파동이 아니라고 생각했을까요? 아니, 파장은 있다고 인정했습니다.* 그런데 어떻게 에테르 없이 빛을 이해할 수 있는지, 그 점은 잘 설명해주지 않았습니다. 제가 아인슈타인이 ‘갑자기 나왔다’고 표현했는데, 그

* 에테르 원래 뉴턴도 언급했던 개념인데, 그 역할은 상당히 막연하고 광범위했다. 영어로 ‘aether’라고 쓰기도 한다. 8장에 나오는 화학물질 에테르와 잘 구분해야 한다.

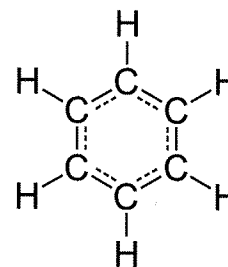
* ‘기적의 해’라고 불리는 그 1905년에 아인슈타인은 광자이론도 발표했다. 그는 빛은 광자라는 입자들로 이루어져 있는데, 그 입자는 주파수를 소지하고 있다고 했다. 그렇게 해서 양자역학의 ‘입자-파동의 이중성’을 이야기하기 시작했는데, 그 개념이 지금도 속 시원하게 해명되었다고 보기는 힘들다.

가 처음 특수상대성이론을 발표했을 때는 겨우 만 26세의 청년이었습니다. 박사학위를 받은 후에 대학교수도 못 되고 스위스 특허청에 근무하고 있었고, 당시 학계에서는 정말 아무 존재감이 없는 사람이었습

니다. 그런 사람이 나와서, 훌륭한 중견 학자들이 오랫동안 심각하게 연구해온 에테르를 ‘난 그런 거 안 해!’ 하는 식으로 팽개쳐버렸습니다. 자기가 뭔데? 당연히 반대파도 많았습니다. 반면 아인슈타인 이론의 장점을 본 사람들은 그 패러다임으로 전향했고, 결국은 아인슈타인의 패러다임이 승리하였습니다. 그러나 이렇게 어떤 문제가 중요한지를 판단하는 기준이 달라질 때, 그 다른 기준 중 어느 것이 더 우수하다고 말하는 것은 쉬운 일이 아닙니다.

또 한 가지 비슷한 예로 화학반응의 문제를 들 수 있습니다. 19세기에 화학반응을 가장 훌륭히 설명한 이론은 전기화학이었습니다(전기화학 이야기는 10장에서 더 나옵니다). 예를 들어 물분자는 수소원자와 산소원자가 붙어서 만들어졌다고 하는데, 그 둘은 왜 붙을까요? 수소와 산소는 왜 서로가 사랑스러울까요? 1800년경에 영국의 데이비 Humphry Davy와 스웨덴의 베르셀리우스 Jöns Jakob Berzelius 등이 ‘화학적 화합의 원리도 전기’라는 이론을 펼쳤습니다. 예를 들어 수소는 양전하를 띠고 있고 산소는 음전하를 띠고 있어서, 음-양의 전기가 서로 끌어들이는 인력에 의해서 붙는다는 것이었습

니다. 그러한 전기화학 이론이 왕성했는데, 19세기 후반에 와서 유기화학자들은 그 이론을 포기해버렸습니다. 그 유기화학자들이 가장 알고 싶어했던 것은 분자구조였습니다. 유기화학에서는 아주 복잡한 분자들을 다루지요. 예를 들어서 벤젠분자를 생각



▲ 그림 4-3 벤젠분자 구조
© Jynto at Wikimedia.org

해봅시다. 케쿨레 August Kekulé가 뱀이 자기 꼬리를 무는 꿈을 꾸고 나서 이 육각형의 구조를 생각해냈다는 일화가 있지요. 그 육각형의 구조는 탄소원자 여섯 개가 붙어서 고리 모양을 형성한 것입니다. 그런데 탄소원자끼리 왜 서로 붙습니까? 그것이 전기화학의 원리로는 잘 설명되지 않습니다. 두 가지 서로 다른 종류의 원자가 있어야 하나는 양이고 하나는 음이라서 붙는다고 설명할 수 있는데, 탄소원자는 다 양이거나 다 음이지, 어떤 것은 양이고 어떤 것은 음이라 할 여지가 없습니다. 그런데 유기분자의 구조는 대개 여러 개가 줄줄이 이어져 있는 탄소원자를 뼈대로 하기 때문에 일반적으로 전기화학적 설명은 힘들었습니다(그래도 베르셀리우스와 그의 추종자들은 상당히 많은 부분을 설명해냈는데, 그것은 쿤이 이야기하는 정상과학의 힘이라고 볼 수 밖에 없었습니다).

결국, 대다수의 유기화학자들은 화학적 결합의 설명을 포기했습니다. 우리는 분자구조만을 밝히겠으니, 왜 이런 구조가 생기는지는 묻지 말아달라고 한 것입니다. 뉴턴이 중력의 원인이나 메커니즘을 묻지 말라고 한 것과 참 비슷한 경우입니다. 그러나 전기화학

패러다임을 추구하는 사람들은 그렇게 구조만 연구하는 것을 불만스러워했습니다. 화학적 결합의 원인에 대한 질문을 계속 던졌던 사람들은 결국 물리화학이라는 새로운 분야를 만들어서 떨어져 나갔습니다. 지금까지도 물리화학과 유기화학은 서로 잘 통하지 않습니다. 서로 융합하기도 힘들고 ‘뭐가 중요하고 어떻게 과학을 발전시키고 문제를 풀어야 하는가’ 등을 판단하는 기준이 근본적으로 다릅니다.

이것이 비정합성의 제1차원입니다. 패러다임이 바뀌면 어느 패러다임이 더 우수한지를 판단하는 기준도 바뀌어버립니다. 우리 일상생활에도 비슷한 경우가 많습니다. 한국 사람들이 외국에 가면 불편한 것이 있습니다. ‘뭐가 이리 빨리빨리 안 되나’ 하는 것이죠. 한국인에게서는 굉장히 중요한 것이지만, 영국 등에 가면 하나도 중요하지 않습니다. 영국에서 외식을 하면, 비싼 식당일수록 음식을 굉장히 늦게 가져옵니다. 너무 빨리 가져오면 손님들도 의아해합니다. 비싼 돈 주고 기분 내면서 외식을 즐기고 있는데 빨리 먹고 나가버리라는 것처럼 느껴지기 때문입니다. 이렇게 기준이 서로 다르기 때문에, 서로 ‘나는 우리나라가 제일이야’ 하고 생각할 수밖에 없는 경우가 많습니다. 우리나라는 우리 기준대로 잘 만들어서 살고, 저 나라는 자기네 기준으로 잘 만들어서 사는데 서로를 보고 불쌍하게 여깁니다. 요즘은 많이 바뀌기는 했지만, 전통적으로 프랑스 사람이 영국에 오면 음식이 맛없어서 고생합니다. 그런데 영국 사람은 음식 맛이 뭐가 그렇게 중요하냐고 생각하고 있습

니다. 그런 예가 아주 많습니다. 기준이 서로 다를 때 누가 더 우월한지 객관적 판단이 안 된다는 것을 일상생활에서는 잘 알고 있지만, 과학에서는 그런 일이 없다고 상식적으로 생각들을 했었는데 과학사의 사례를 기반으로 한 쿤의 주장은 이 통상적인 관념을 크게 흔들어놓았습니다.

※ 패러다임과 함께 개념의 의미가 바뀐다

비정합성의 두 번째 차원은 패러다임이 바뀌면 여러 가지 개념과 용어의 의미 자체가 바뀐다는 것입니다. 쿤이 말했던 유명한 예는 행성 planet입니다. 천동설 패러다임에서는 지구 주위를 도는 모든 천체들을 ‘행성’이라고 했습니다. 그래서 태양도 행성, 달도 행성, 우리가 현대식으로 말하는 보통 행성도 행성이었습니다. 그런데 지동설이 도입된 다음에도 행성이라는 말을 계속 썼지만 그 의미가 바뀌었습니다. 태양 주위를 공전하는 것은 지구를 포함해서 모두 행성이라 칭하게 되었고, 또 달은 행성인 지구의 주위를 돌기 때문에 위성으로 분류되었습니다. ‘행성’의 의미가 그렇게 바뀌어버렸으므로, 지동설에서 ‘행성이란 어떻게’라는 문장이 있다면 그것을 천동설의 언어로 쉽게 번역할 수가 없습니다.

다른 예도 많이 있습니다. 근대화학에서는 물리적으로 섞여 있는 혼합물 mixture과 화학적으로 결합된 화합물 compound을 구분하는데, 다른 물질들이 항상 같은 질량비로 합쳐진 것을 화합물이라고 합니다. 예를 들어 수소와 산소가 화합해서 물이 될 때 항상 수소

1그램당 산소 8그램의 비율로 합쳐집니다. 거기에 산소를 조금만 더 넣겠다든지 하는 어설픈 시도는 먹히지 않습니다. 그래서 근대 화학이나 요즘도 학교에서 배우는 기초화학에서 화합물은 ‘일정비로 합친 것’으로 정의됩니다. 그런데 돌튼 John Dalton의 원자론이 생기기 전에는 개념이 그렇게 정리되어 있지 않았습니다.

돌튼과 동시대에 프랑스 화학계의 거장이었던 베르톨레 Claude-Louis Berthollet는 합금이나 용액 등도 화합물로 분류했습니다. 두 가지 금속을 섞어서 만드는 합금은 일정한 한계 내에서는 비율을 변화시키며 섞어도 형성됩니다. 용액도 마찬가지입니다. 물에다 소금을 탈 때는 포화상태에 이를 때까지는 어떤 양의 소금을 넣어도 소금물이 됩니다. 농도가 다를 뿐이지요. 베르톨레는 반대파에 이런 것들은 왜 화합물이 아니라고 하는지 그 이유를 대라고 요구했습니다. 다른 화합물과 마찬가지로, 소금물 등도 미세하게 섞여서 분리가 안 됩니다. 우리가 학교에서 배우기를, 콩과 쌀을 섞은 혼합물은 체로 거르거나 해서 물리적으로 분리할 수 있고 화합물은 그렇게 분리할 수 없다고 했는데, 소금물을 다시 소금과 물로 분리할 수 있나요? 쉬운 일이 아닙니다. 여기서 똑똑한 학생 같으면 소금물을 증발시키면 물과 소금이 분리된다고 얘기할 텐데, 현대적 관점에서는 증발을 물리적 과정이라고 하지만, 베르톨레는 그것을 화학적 과정으로 보았습니다. 증발은 소금물이 열과 반응하는 과정인데, 열이 물과 화합하여 증기가 되어 날아가고 소금은 물과 분리되면서 다시 고체 상태를 회복하는 것입니다. 이상하게 들리겠지만 베르톨레는 열도 화학원소로 보았습니다(이에 대해서는 7장에 더 자세히

나옵니다). 그러니까 이렇게 간단한 예로 보아도, 돌튼의 패러다임과 베르톨레의 패러다임에서 ‘화합물’, ‘열’, ‘물리적-화학적’ 같은 기초개념들의 의미가 근본적으로 다르다는 것을 알 수 있습니다.

쿤이 들어준 중요한 예를 또 두 가지만 짚막하게 소개하겠습니다. 하나는 질량입니다. 질량은 뉴턴역학 패러다임에서는 각 물체가 지닌 고유의 상수인 반면, 아인슈타인의 상대성이론 패러다임에서는 물체의 운동속도에 따라 바뀌는 변수고, 다른 종류의 에너지로 변환할 수도 있습니다. 그런데 재미있게도 공식만 볼 때는 두 패러다임에서 부여하는 질량의 수치가 그 질량을 가진 물체의 속도가 낮을 경우에는 비슷합니다. 그렇기 때문에 뉴턴과 아인슈타인의 질량 개념이 그렇게 혁명적으로 다르지 않다고 주장하는 사람들이 있는데, 거기에 반해 쿤은 수치는 근사할지언정 그 개념의 깊은 의미는 전혀 다르다고 지적했습니다.

또 한 예는 ‘운동’ 개념입니다. 아리스토텔레스는 위치 이동뿐 아니라 모든 상태의 변화를 다 운동이라고 표현했습니다. 쿤이 회고하기를, 이런 식으로 이제는 의미가 바뀌어버린 개념들 때문에 자신이 처음 아리스토텔레스의 책을 읽었을 때 전혀 이해가 안 됐다고 했습니다. 이런 위대한 철학자가 왜 물리학이나 천문학에서는 말도 안 되는 헛소리를 했을까, 끄끖거리고 고민을 하다가 어느 날 깨닫고 보니 자신이 기본개념의 의미를 현대식으로 잘못 해석하여 오해하고 있었다는 것입니다.

이렇게 기본적 개념의 의미가 다르면 서로 다른 패러다임에서 주장하는 내용을 간단하게 비교할 수가 없습니다. 지금까지 같은 단어로 다른 의미를 나타내는 상황을 예로 들었는데, 다른 패러다임에서는 전혀 다른 개념들이 나오는 경우도 많습니다. 그럴 때 역시 패러다임 간의 통역이 험겨워지는 사태가 벌어집니다. 일상생활에서도 외국어를 배울 때 이런 경험을 많이 하게 됩니다. 우리말로 는 정확히 표현되지만 외국어로 번역하려고 하면 딱 맞아떨어지는 단어나 표현이 없는 경우가 많습니다. 사전에 나오는 번역이 우리가 표현하고자 하는 상황에 잘 맞지 않는 일이 비일비재합니다. 또 외국어를 좀 잘하게 되면, 그 반대의 현상도 일어납니다. 처음에 외국어로 배운 개념을 우리말로 표현하고자 하면 갑자기 말문이 막히는 것을 느낍니다. 과학에서도 서로 다른 패러다임 간에는 정확히 번역이 되지 않는데, 이것이 비정합성의 두 번째 차원입니다.

※ 패러다임과 함께 관측된 현상 자체가 바뀐다

비정합성의 세 번째 차원은 가장 심각합니다. 정말로 많은 논란을 일으켰던 부분인데요. 쿨은 패러다임이 바뀌면 관측된 현상 자체가 바뀐다고 했습니다. 2장에서 논의했던 ‘관측의 이론적재성’이 여기서 중요합니다. 패러다임이 바뀔 때는 이론이 많이 바뀝니다. 그런데 그 이론이 바뀌면 그 이론의 영향을 받는 관측내용도 바뀐다는 것입니다.

두 가지만 예를 들어보겠습니다. 하나는 또 코페르니쿠스 이야기인데요. 코페르니쿠스 혁명 전 유럽의 천문학 관측기록을 보면 신성^{nova}이 없습니다. 신성이란, 원래 아주 멀어서 지구에서 보이지 않던 별이 엄청난 폭발로 확 밝아지면서 갑자기 우리에게 새로이 보이게 되는 것을 말합니다. 그중 규모가 큰 것은 초신성^{supernova}이라 합니다. 그런데 옛날 유럽의 천문학 기록을 보면 이 신성이나 초신성이 전혀 나오지 않습니다. 그 반면 동시대 중국의 기록에는 많이 있다고 합니다. 왜 그럴까요? 2장에서 살펴보았듯, 유럽에서는 아리스토텔레스의 이론체계에 따라 달부터 그 위로 천상에 있는 것들은 다 완벽한 존재라고 했습니다. 완벽하기 때문에 변하는 것도 없고, 새로 생기거나 사라질 수도 없습니다. 그렇기 때문에 그들은 신성 같은 것을 보았을 때, 달 밑쪽에 있는 지구 대기 안에서 일어나는 기상현상으로 처리해버리고 천문기록에 넣지 않았던 것입니다.

혜성도 마찬가지였습니다. 중국에서는 천계의 불변성 개념이 없었을 뿐 아니라, 그 반대로 하늘에서 자꾸 무엇인가 새로운 일이 일어날 것으로 예상했었습니다. 새로운 별이 나오는 것을 두고 흉조니, 길조니 하며 중요한 의미를 부여했습니다. 그래서 중국에서는 새로운 별이 나오기만 하면 기를 쓰고 기록을 했을 것입니다. 그 점에서 동서양은 완전히 반대였습니다.

또 한 가지 예는 3장에서 시간 측정을 논의했을 때 나왔던 ‘진자’입니다. 갈릴레오는 진자를 한번 흔들어도 무한히 규칙적으

로 움직인다고 했습니다. 그런데 사실 우리가 진자를 아무리 잘 만 들어도 결국은 진동을 멈추고, 물론 갈릴레오도 그것을 잘 알았습니다. 그렇지만 이는 마찰이나 공기저항 때문이고, 진정한 진자의 모양은 영원히 진동한다고 했습니다. 그런데 아리스토텔레스의 물리학·천문학 패러다임을 가지고 있는 사람들은 이 진자를 관찰하며 무엇을 보았을까요? 쿤은 그 사람들은 전혀 다른 관측을 했다고 이야기합니다.

아리스토텔레스 이론에 의하면 무거운 물건은 대개 4원소 중의 하나인 '흙'으로 이루어져 있고, 그렇기 때문에 흙의 본위치인 지구의 중심을 향해서(즉, 아래로) 간다고 했는데, 진자는 무거운 추가 줄에 묶여 있기 때문에 마음대로 떨어지지 못합니다. 그냥 수직으로 아래로 가고 싶은데, 줄이 그 운동을 구속합니다. 그래서 할 수 없이 비틀거리며 떨어지다가, 결국 갈 수 있는 만큼 가장 낮은 점에 가서 선다는 것입니다. 그렇기 때문에 아리스토텔레스적 관점에서 진자를 관찰할 때 접수되는 주된 내용은 추가 높은 곳에서 낮은 곳으로 내려갔다는 것이고, 그 과정에서 옆으로 왔다 갔다 하는 것은 별로 신경 쓸 일이 아니었습니다. 반면 갈릴레오는 옆으로 왔다 갔다 하는 진자의 규칙적 진동주기가 몇 초인가를 주로 관찰하였고, 진동하면서 추가 정확히 어느 높이까지 오르내리는지는 기록하지도 않았습니다.

이러한 예에서 볼 수 있듯, 똑같은 물건을 보더라도 두 패러다임에서 전혀 다른 관측결과가 나올 수 있습니다. 그래서 쿤은 패러

다임이 바뀌면 관측되는 현상 자체가 바뀐다고 한 것입니다. 그러면 같은 내용을 관측하여 그것을 증거로 삼아 서로 경쟁관계에 있는 패러다임들을 비교 검증하는 것도 어려워지고 맙니다. 쿤은 이 상황을 조금 과장해서 “혁명 이후의 과학자들은 아주 딴 세상에서 사는 것”이라고 표현했습니다. 그렇게 말해놓고 보니까 좀 미안했는지, 적어도 그 비슷한 생각을 우리가 이해할 수 있어야 한다고 덧붙였습니다.⁵ 물론 쿤도 패러다임이 바뀐다고 해서 자연 자체가 변한다고 보지는 않았습니다. 자연은 자연이고 우리가 생각하는 패러다임은 우리 머릿속에 있을 뿐입니다. 그러나 우리 인간에게 어떤 의미를 갖는 ‘세상’이라는 것은 패러다임을 통해서 걸려져 나온 것이라고 했습니다. 진짜 ‘자연’ 그 자체를 인간은 알 수 없습니다. 인간은 관측을 통해 자연을 알게 되는데 그 관측은 특정한 패러다임을 통해 이루어지기 때문에, 우리가 알 수 있는 자연은 패러다임의 변화에 따라 바뀐다는 것이지요.

과학혁명에 대한 논란

경쟁하는 패러다임 사이에서 어떻게 선택을 하는가에 대해, 쿤은 보수적인 철학자들이나 과학자들이 화를 낼 만한 이야기를 많이 했습니다. 쿤은 그들을 정말 자극했습니다. 우선 쿤은 “패러다임의 선택이란 논리와 실험만으로 딱 부러지게 결정할 수 없다”고 했습니다. 그런데 과학에서 논리와 실험을 동원해 결정할 수 없다

면 도대체 무엇을 가지고 결정하라는 것입니까? 그는 여러 방식으로 토의해서 “적합한 공동체 내에서 서로 동의하는 것 이상의 기준이란 없다”고 했습니다.⁶ 그래서 “패러다임 간의 경쟁은 증명으로 해결할 수 있는 종류의 싸움이 아니다”라고 했습니다.⁷ 절대적 진리 같은 것을 들먹여봐야 소용이 없다는 말인데요, 이를 보고 많은 철학자와 과학자 등이 쿤을 상대론자라고 공격했습니다(이 내용은 5장에서 더 자세히 논의합니다).

과학혁명이라는 사건을 돌이켜봤을 때, 쿤은 승자만을 두둔해서는 제대로 역사를 이해할 수 없다고 판단했습니다. “죽을 때까지 새 패러다임에 저항하는 것도 과학의 규칙을 어기는 행위로 볼 수는 없다”고 했는데, 여기서 쿤은 영국의 화학자 프리스틀리 Joseph Priestley를 예로 듭니다.⁸ 프리스틀리는 산소의 발견자로 잘 알려진 **라부아지에** Antoine-Laurent Lavoisier*보다 더 먼저 산소를 만들었고, 사실은 그 실험내용을 라부아지에에게 가르쳐주기까지 했습니다. 그런데 프리스틀리는 옛날부터 내려오던 플로지스톤 phlogiston 이론으로 산소와 관련된 모든 현상들을 해석했고, 라부아제가 똑같은 현상들을 새로운 산소 이론으로 재해석하면서 ‘화학혁명’을 일으킨 것입니다. 그런데 프리스틀리는 끝까지 라부아제의 이론에 동의하지 않았고, 그 플로지스톤 이론을 믿으며 죽었습니다. 쿤은 이 사

* 라부아지에 외래어 표기법에는 ‘라부아지에’라고 되어 있지만, 사실 ‘부아’는 한 음절이기 때문에 ‘봐’라고 쓰도록 하겠다.

례를 보고, 프리스틀리가 결국 과학자들 사이에서 따돌림을 받게 되어 정상과학은 할 수 없게 되었지만 그의 입장이 비과학

적이거나 비이성적이었다고 할 수는 없다고 말했습니다. 왜냐하면 프리스틀리가 견지했던 플로지스톤 패러다임으로 나름대로 모든 현상을 설명할 수 있었고, 또 그 패러다임이 라부아제의 것보다 더 훌륭하다는 자기 나름대로의 판단기준이 있었기 때문입니다(이 사건은 7장에서 아주 자세히 말씀드릴 것입니다).

그렇기 때문에 어려운 철학적 문제들이 대두됩니다. 패러다임 간의 비정합성 때문에 과학의 객관성이나 중립성, 진실성이 없어지는 것 아닌가 하는 우려를 많이들 했고, 정말 큰 싸움이 일어났습니다. 1장에서 쿤의 정상과학 개념 때문에 포퍼 등과 격한 논쟁을 벌였다고 이야기했는데, 과학혁명을 둘러싸고 벌어진 논란에 비하면 아무것도 아니었습니다. 이는 지금까지도 벌어지고 있는 싸움입니다. 쿤의 과학혁명 개념은 과학에 대해 사람들이 흔히 가지고 있는 여러 가지 안일한 통념을 위협하고 있고, 그래서 쿤의 과학혁명 이야기를 들으면 많은 사람들이 굉장히 불안해합니다.

첫째, 이렇게 쿤이 말하는 식으로 혁명이 일어난다면 과학적 지식이 축적될 수 없는 것 아닌가 하는 걱정이 생깁니다. 주어진 어떤 패러다임 안에서 지식이 축적된다는 것은 분명한데, 혁명이 일어나 그 패러다임 자체가 무너지면 그 안에서 축적된 지식도 함께 없어져버릴 수 있지 않느냐는 것이지요. 이런 우려를 분명하게 나타내주는 예가 있는데, 연금술alchemy입니다. 연금술은 옛날에 세계 여러 지역에서 성행했고 유럽에서는 17세기까지도 건재했습니다. 값싼 금속을 금으로 바꿀 수는 없을까, 영생을 얻을 수 있는 약

을 만들 수는 없을까 하고 실험과 이론을 결합해서 심각하게 연구한 학문이었는데, 보통 생각하듯 바보나 사기꾼 들이나 연금술을 했던 것이 아닙니다. 하다못해 뉴턴도 연금술에 몰두했었습니다. 그 결과를 발표하지는 않았지만, 뉴턴이 죽은 후에 보니 연금술 실험과 공부를 해서 써놓은 엄청난 양의 기록이 나왔습니다. 그런데 연금술이라는 패러다임 자체가 사라지면서 수많은 사람들이 수백 년에 걸쳐 이루어놓은 실험결과나 이론적 논의 등이 폐기되어버린 것입니다. 물론 연금술을 하는 사람들이 발견한 화합물질도, 실험 기구나 기술도 근대과학에 보존된 것이 꽤 있습니다. 그러나 전부 보존되지는 못했습니다.

일반적으로, 과학혁명이 일어날 때는 확실히 그전 패러다임에서 이론 업적이 많이 유실될 염려가 있습니다. 그런 경우는 생각보다 많습니다. 앞서 살펴본 것처럼 아인슈타인의 특수상대성이론 패러다임이 지배적이 되면서 에테르에 관해 축적되었던 지식은 다 무효가 되어버렸습니다. 아주 정밀했던 실험도, 굉장히 발달했던 복잡한 이론도 그 의미나 중요성을 상실했습니다. 과학이 혁명적으

* 이러한 지식의 상실을 '쿤 로스 Kuhn loss'라고도 한다.

로 발전하는 과정에서 지식을 잃을 수도 있다는 것은 충격적인 말로 받아들여졌습니다.*

둘째, 과학이 진리에 접근할 수 없다는 걱정이 생깁니다. 쿤은 과학지식 중에 가장 근본적이고 깊다고 할 수 있는 내용일수록 뚜렷한 방향 없이 발전한다고 말했습니다. 우리는 상식적으로 진리가 저 멀리에 있고, 아직 과학이 발달하지 못해서 우리가 지금은

여기쯤 있지만 노력을 통해 점점 진리에 다가간다는 이미지를 가지고 있습니다. 그런데 쿤은 과학의 발전에 그런 식의 방향성은 없다고 주장했습니다.

예를 들어서 천문학을 생각해봅시다. 천동설 시절에는 우주는 구형이고 그 중심에 지구가 있다고 했습니다. 별들은 우주의 가장 바깥쪽에 있는 천구에 붙어 있었고, 그것이 하루에 한 번씩 돌았으며 행성들은 그 별들의 천구와 지구 사이에서 운동했습니다. 그러다가 뉴턴역학의 패러다임에서는 우주에는 한계도 없고 중심도 없으며, 공간이 모든 방향으로 무한히 뻗어 있다고 했습니다(태양도 우주의 중심은 아니고, 또 다른 여러 태양이 있고 태양계가 있습니다). 그러다가 아인슈타인의 일반상대성이론 패러다임에서는 우주가 다시 닫혔다는 결론을 내렸습니다. 4차원적 시공의 구조인데, 빅뱅으로 한 점에서 시작한 것이 계속 팽창하고 있다고 합니다. 그 팽창의 속도에 관한 논의가, 활발히 벌어지고 있습니다. 쿤은 이 세 가지 중요한 패러다임을 볼 때 우주론의 방향성이 보이지 않고, 이 다음에 어떻게 발전할지도 전혀 예측할 수 없다고 말하는 것입니다. 그래서 과학이 진리에 접근할 수 있다는 생각은 조금 주제넘은 이야기가 아닌가 합니다. 우리가 설사 진리에 접근하고 있더라도 우리는 그 방향성을 볼 수가 없다는 것입니다.

쿤의 비정합성 논의에서 생겨나는 다른 걱정도 많습니다. 쿤의 관점이 맞다면 경험적 지식의 객관성도 위협을 받습니다. 위에서 자세히 논의했던 '관측의 이론적재성' 때문입니다. 패러다임과 함

게 판단기준이 바뀌기 때문에 보편적인 과학방법론도 이야기할 수 없습니다. 또한 과학자들이 혁명기에 이성적인 선택을 하는가 하는 문제가 터져 나옵니다. 과학자들은 개종과 전향을 하고, 서로 설득하고 설득당하고, 죽을 때까지 고집을 부리면 반대쪽에서는 그런 사람들이 죽기만을 기다리고…… 하는 과정으로 과학 공동체에서 패러다임을 선택한다고 했는데, 그리 이성적이라는 느낌은 들지 않습니다.

‘혁명적 진보’의 역설

쿤의 과학혁명 이론이 옳다면, 과학은 정말로 진보한다고 말할 수 있을까요? 이걸 정말 석연치 않습니다. 우선 쿤의 이론까지 가지 않더라도, ‘혁명적 진보’란 역설적인 이야기입니다. 우리가 상식적으로 생각할 때에는 혁명이 진보의 최고 형태인 것처럼 보이지만, 혁명이 일어나면 그전 체제에서 이루어놓은 업적들은 어느 정도 허물어질 수밖에 없습니다. 그러면 우리가 지금 이루어가고 있는 성과도 이다음 혁명이 일어나면 어느 부분이 허물어질지 모릅니다.

그렇다면 혁명이란 진보적일 뿐만 아니라 퇴보적이기도 한 것인가요? 그 결론을 피하는 방법이 한 가지 있습니다. 혁명을 딱 한번만 하면 됩니다. ‘우리는 근본적으로 옳은 혁명을 했고, 혁명은 이제 더 이상 필요 없다’고 생각하면 됩니다. 극단적인 예를 들자면, 북한 정권에서는 혁명은 김일성이 한 번 했고 그다음부터는 혁

명을 해서는 안 되고 체제를 유지해나가야 한다고 믿을 것입니다. 2장에서 살펴보았듯 데카르트도 자신이 제대로 철학을 해서 과학 지식의 기반을 제대로 튼튼히 마련했고 그다음에는 그러한 인식론적 혁명은 더 필요 없을 것이라고 보았습니다. 한번 토대를 잘 닦으면 그것을 고칠 필요가 없습니다.

그런데 과학사도 그렇고 정치사도 그렇고, 혁명은 자꾸만 일어납니다. 적어도 지금까지 인류의 역사에서 영원한 토대를 만들어 놓은 혁명은 본 적이 없습니다. 천동설을 배격하고 지동설을 확립했을 때 갈릴레오나 뉴턴은 그것이 끝이라고 생각했을 것입니다. 지구나 다른 행성들이 태양의 주위를 돈다는 기본적인 구조를 밝혀냈으니까 그다음에는 세세한 것만 알아내면 된다고 생각했을 텐데, 이 고약한 아인슈타인이 나온 것입니다. 상대성이론에 의하면 절대적으로 무엇이 정지해 있고 무엇이 움직인다는 기준이란 없으며, 지구가 태양 주위를 돈다고 해야 이론적 모델이 훨씬 더 간단해질 뿐이지 태양이 지구 주위를 돈다고 해도 절대적으로 틀린 것은 아니라는 것입니다.* 상대성이론 후에 또 어떤 이론이 나와서 상황을 혁명적으로 바꿔놓을지 모르며, 쿤의 과학이론에 따르면 과학혁명은 끝없이 계속 일어나게 되어 있습니다.

그래도 쿤은 혁명을 통해 과학이 진보한다고 했습니다. 패러다임을 바꿔가면서, 전체적인 문제해결 능력을 키워가고 있다는 것입니다. 여기서 ‘전체적’이라는 말이 중요합니다. 예를 들어 양자역학으

* 특수상대성이론에서는 무엇이 관성운동을 하고 무엇이 가속이 있는지는 절대적으로 구분이 된다. 그러나 일반상대성이론으로 넘어오면 가속도 중력장과 동등성이 있어서 운동학적으로 절대적 개념은 될 수 없다.

로는 아리스토텔레스가 옛날에 내뱉던 질문들에 대답하지 못합니다—전혀 종류가 다른 질문이기 때문에. 그러나 우리가 양자역학으로 얼마나 광범위한 문제들을 정밀하게 해결할 수 있는지 보라는 것입니다. 아리스토텔레스의 패러다임은 그런 수준의 문제해결 능력을 전혀 갖지 못했습니다. 그러나 양자역학을 알게 되어 우리가 절대적 진리에 이만큼 다가섰다고는 말할 수 없습니다. 그래서 도구적 진보라는 표현을 하기도 합니다. 쿤은 그렇게 이해하고 만족했지만 다른 많은 철학자와 과학자 들은 이 입장을 거부합니다. 이 사람들은 조금 더 진리에 가까이 가보고 싶어하고, 과학이 정말로 옳은 이론을 준다고 생각하고 싶어하고, 관측내용을 객관적으로 정말 있는 사실로 여기고 싶어합니다.

이런 입장을 유지하려는 사람들은 어떻게 쿤의 결론을 극복할 수 있을까요? 시도할 수 있는 세 가지 작전이 있습니다. 첫째는 계속 과학방법론을 연구하는 것입니다. 그래서 쿤이 알아차리지 못했던, 모든 과학에 적용되는 정말 보편적인 방법을 찾을 수 있다면, 그로써 쿤이 제시한 문제들을 어느 정도 해결할 수 있을 것입니다. 두 번째는 혁명을 겪으면서도 지식의 내용이 다 바뀌는 것은 아니고 유지되는 것들이 많이 있으며, 그런 부분을 보면 과학이 정말 어떤 방향으로 발전하는지 알 수 있다고 주장하는 것입니다. 세 번째는 위에서 말한 대로 우리는 이제 정말 해야 할 혁명을 다 했으니 이제 더 이상 큰소리내지 말라고 주장하는 것인데, 사실 그렇게 느끼는 과학자들도 많을 것입니다. 옛날에는 다 잘 몰라서 허튼

것을 믿다가 뒤집히기도 했는데 이제 그런 일은 없을 것이라고 주장합니다. 쿤도 혁명이 무한정으로 일어날 것이라고 증명한 것은 아니니까, 싸워볼 만한 내용입니다.

모두 다 일리가 있는 작전입니다. 그러나 저는 조금 다른 시각을 가지고 있습니다. 일단 짧막하게 말씀드리자면 쿤의 결론이 무서운 것 같지만 과학에서 다원주의를 받아들이면 그 무서움이 없어진다는 것이 제 주장입니다. 이에 대해서는 마지막 12장에서 말씀드리겠습니다.

그러나 이제 더 다급하게 논의해야 할 주제가 드러났습니다. 바로 과학적 '진리'입니다. 진리란 과연 무엇이고, 과학이 잘 추구할 수 있는 것인가를, 과학철학에서 항시 나오는 실재론 논쟁과 연관해 5장에서 다루어보겠습니다.

4장 요약

- 쿤의 과학혁명 이론에 의하면 '정상과학'적 연구는 패러다임에 잘 맞지 않는 변칙사례들을 낳고 '위기'를 맞는다.
- 아주 새로운 방법으로 그 위기를 훌륭하게 벗어나는 길이 제시되면 그 방향으로 새로운 패러다임이 형성되어 기존 패러다임과 경쟁한다.
- 경쟁관계의 패러다임 사이에는 '비정합성'이 있으므로 어느 쪽이 옳다고 간단하게 판단할 수 없다. 패러다임이 바뀌면 판단기준, 개념의 의미, 관측된 현상이 모두 바뀌기 때문이다.
- 비정합성에도 불구하고 과학은 혁명을 통해 전반적 문제해결 능력을 높려가며 진보한다고 쿤은 주장했다.